

(6)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-353418

(43)Date of publication of application : 19.12.2000

(51)Int.Cl.

F21V 13/04

F21V 7/00

G02B 19/00

G03B 21/14

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 11-161109

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 08.06.1999

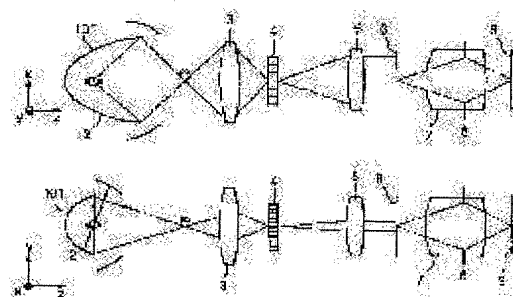
(72)Inventor : MORI KENICHIRO  
TAKAHASHI KAZUHIRO

## (54) LIGHTING SYSTEM AND PROJECTION EXPOSURE DEVICE USING SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently light a rectangular area by causing the maximum of converging angles made by light flux converged by a converging means with an optical axis to differ between two directions to cross at right angle with each other.

SOLUTION: A converging means 2 has a rectangular opening. This causes angle distribution of light flux incoming into an optical integrator 4 to differ between the length and width directions of cross-sections of respective element lenses, and the maximum converging angle made by the light flux with an optical axis is decreased in the width direction of the rectangular cross-sections of the respective element lenses and increased in the length direction thereof. This enables a group of convergence points to be efficiently formed near outgoing surfaces of the respective element lenses. The light flux from the convergence points group thus formed has outgoing angle distribution different between the two normal-crossing directions, the length and width directions, of the rectangular cross-sections of the respective element lenses, and an angle made by distributed outgoing light flux with the optical axis is larger in the length direction than in the width direction. This causes a rectangular lighted area to be efficiently formed.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-353418

(P2000-353418A)

(43)公開日 平成12年12月19日(2000. 12. 19)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマト*(参考)
F 2 1 V 13/04		F 2 1 V 13/04	C 2 H 0 5 2
7/00		G 0 2 B 19/00	5 F 0 4 6
G 0 2 B 19/00		G 0 3 B 21/14	Z
G 0 3 B 21/14		G 0 3 F 7/20	5 2 1
G 0 3 F 7/20	5 2 1	F 2 1 V 7/12	L

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-161109

(22)出願日 平成11年6月8日(1999. 6. 8)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 森 堅一郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 高橋 和弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 100065385

弁理士 山下 稔平

Fターム(参考) 2H052 AC12 AC27

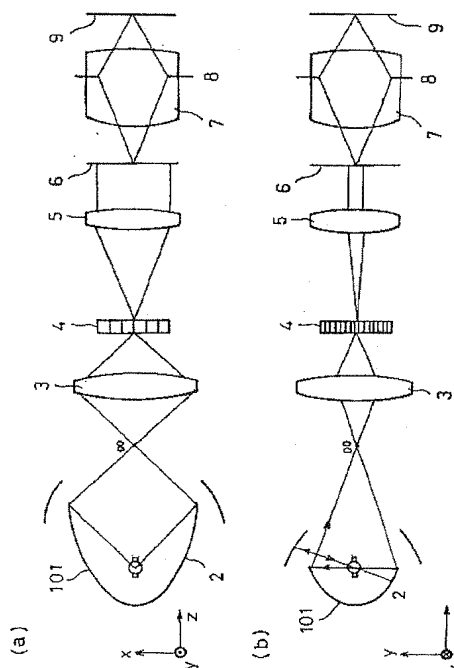
5F046 CA01 CB03 CB13

(54)【発明の名称】 照明装置およびそれを用いた投影露光装置

(57)【要約】

【課題】 矩形の照明領域に対しても、効率よく照明することができるように集光手段を改良した照明装置を提供する。

【解決手段】 ある大きさを持った所定の範囲から光束を発散する光源と、該光源から発散された光束を集光する集光手段と、該集光手段によって集光された光束を用いて、互いに直交する2方向について長さの異なる矩形形状の被照射領域を形成するため、前記直交する2方向について長さの異なる矩形断面の素子レンズを前記直交する2方向に配列したオプティカルインテグレータとを備えた照明装置であって、前記集光手段によって集光される光束と光軸とのなす集光角の最大値が前記直交する2方向で異なるように、前記集光手段を構成したことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ある大きさを持った所定の範囲から光束を発散する光源と、該光源から発散された光束を集光する集光手段と、該集光手段によって集光された光束を用いて、互いに直交する2方向について長さの異なる矩形形状の被照射領域を形成するため、前記直交する2方向について長さの異なる矩形断面の素子レンズを前記直交する2方向に配列したオブティカルインテグレータとを備えた照明装置であって、前記集光手段によって集光される光束と光軸となす集光角の最大値が前記直交する2方向で異なるように、前記集光手段を構成したことを特徴とする照明装置。

【請求項2】 前記集光手段は、前記光源から発散された光束を反射することにより、前記オブティカルインテグレータへ光束を指向する主反射鏡と、該主反射鏡に直接到達しない光束を反射することにより、前記主反射鏡へ光束を指向する補助反射鏡とを有し、前記主反射鏡は、前記光源の中心付近を第1焦点とする少なくとも1つの楕円ミラーから構成され、前記補助反射鏡は、前記主反射鏡の第1焦点もしくは第2焦点付近を中心とする球面ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする双曲面ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする楕円ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を焦点とする放物面ミラー、もしくは平面ミラーの少なくとも1つ以上から構成され、前記集光手段以降の光学系は、該光学系の光軸に対して、前記集光手段によって集光された光束の最大集光角が対称になるように配置されていることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】 前記集光手段は、前記光源から発散された光束を反射することにより、前記オブティカルインテグレータへの光束を指向する主反射鏡と、該主反射鏡に直接到達しない光束を反射することにより、前記主反射鏡へ光束を指向する補助反射鏡とを有し、前記主反射鏡は、前記光源の中心付近を第1焦点とする少なくとも1つの楕円ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を持つ少なくとも1つの双曲線ミラーとから構成され、前記補助反射鏡は、前記主反射鏡の第1焦点もしくは第2焦点付近を中心とする球面ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする双曲面ミラー、前記主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする楕円ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を焦点とする放物面ミラー、もしくは平面ミラーの少なくとも1つ以上から構成され、前記集光手段以降の光学系は、該光学系の光軸に対して、前記集光手段によって集光された光束の最大集光角が対称になるように配置されていることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項4】 前記主反射鏡と補助反射鏡とは、前記集光手段以降の光軸を含み、前記直交方向の内の短手方向に平行な面に対して、ほぼ面対称な形状であることを特徴とする請求項2または3に記載の照明装置。

【請求項5】 前記主反射鏡は、前記光源の近傍を一方の焦点とする楕円ミラーであって、該楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の長手方向に平行な面の片側のみに存在するような形状であることを特徴とする請求項4に記載の照明装置。

【請求項6】 前記補助反射鏡は、光源の中心付近を中心とする球面ミラーであって、前記楕円ミラーと前記球面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置されていることを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項7】 前記補助反射鏡は、光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーで構成され、前記楕円ミラーと前記2つの放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置されていることを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項8】 前記補助反射鏡は、光源の中心付近を焦点とする放物面ミラーと平面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記平面ミラーは、前記放物面ミラーで反射された平行光束に対して垂直に配置されていることを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項9】 前記補助反射鏡は、前記光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置にある2つの焦点を有する双曲面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記双曲面ミラーは、前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向された光束の内、前記光軸となす角が所望角度以上の光を反射するように配置されていることを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項10】 前記補助反射鏡は、前記光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーと、前記楕円ミラーの前記光源から遠い方の焦点付近を中心とする球面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記球面ミラーは、前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向された光束の内、前記光軸となす角が所望角度以上のものを反射するように配置されていることを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項11】 前記補助反射鏡は、前記光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーと、前記

光源の中心付近を中心とする球面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記楕円ミラーは、前記オブティカルインテグレータに指向される光束が光軸となす角が所望角度以内になるように構成されており、前記球面ミラーは、前記楕円ミラーからの漏れ光を反射すると共に前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向される光束を遮らないように配置されていることを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項12】 前記集光手段の開口を前記直交する2方向で長さが異なるように設定したことを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項13】 前記集光手段は、前記直交する2方向で異なる反射面形状を有することを特徴とする請求項12に記載の照明装置。

【請求項14】 前記集光手段は、焦点位置が同じで、短径と長径の長さが異なる2つの楕円ミラーで構成されていることを特徴とする請求項13に記載の照明装置。

【請求項15】 前記集光手段は、前記オブティカルインテグレータへ光束を指向する主反射鏡と、前記光源から該主反射鏡に直接到達しない光束を、前記主反射鏡に指向する補助反射鏡を有することを特徴とする請求項12に記載の照明装置。

【請求項16】 前記主反射鏡の開口が、ほぼ矩形であることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項17】 前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーであり、前記補助反射鏡が前記光源の中心付近を中心とする球面ミラーであって、前記楕円ミラーの開口は、ほぼ矩形になるように構成され、前記球面ミラーは、前記楕円ミラーからの漏れ光を反射すると共に前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向される光束を遮らないように配置されていることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項18】 前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーであり、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を有する双曲面ミラーであって、前記双曲面ミラーの開口は、ほぼ矩形であることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項19】 前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーであり、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点の中間で、該2つの焦点を結ぶ直線と直交する平面ミラーであって、該平面ミラーの開口は、ほぼ矩形であることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項20】 前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーと、前記楕円ミラーの2つの

焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を持つ双曲面ミラーとで構成され、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点の中間で、該2つの焦点を結ぶ直線と直交する双曲面ミラーであって、前記補助ミラーとしての双曲面ミラーの開口が、ほぼ矩形になるように構成すると共に、前記主反射鏡の一部としての双曲面ミラーは、前記補助ミラーとしての双曲面ミラーで反射された光束を反射することにより、前記オブティカルインテグレータに指向するように配置されていることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項21】 前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を持つ双曲面ミラーとで構成され、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点の中間で、該2つの焦点を結ぶ直線と直交する平面ミラーであって、前記平面ミラーの開口が、ほぼ矩形になるように構成すると共に、前記主反射鏡の一部としての双曲面ミラーは、前記平面ミラーで反射された光束を反射することにより、前記オブティカルインテグレータへ指向するように配置されていることを特徴とする請求項15に記載の照明装置。

【請求項22】 バターンを照射する照明装置と、該バターンを基板上に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、前記照明装置が請求項1ないし21の何れかに記載の照明装置であることを特徴とする投影露光装置。

【請求項23】 請求項22に記載の投影露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高圧水銀ランプなどの、ある大きさを持った範囲から光を放射する光源を用いて照明を行う照明装置に関し、特に、露光シーケンスで使用されるレチクルに対し、矩形の照明領域での照明が必要とされる、半導体素子、液晶パネルなどの製造に用いられる投影露光装置の照明装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】投影露光装置における照明には、例えば、特開平6-333795号公報に記載のような、高圧水銀ランプなどの、特定の分布を持って特定の範囲（所定の大きさを持った範囲）から光を放射する光源を用いて、被照射面上を均一に照明する照明装置が用いられるが、この照明装置の事例を、図29を参照して説明する。ここで、符号1は光源であり、2は光源1から特定の角度分布を持って放射された光束を集光するための集光手段である。なお、この事例では、集光手段として楕円ミラーが用いられており、楕円ミラーの第1焦点付近に光源1を配置し、第2焦点00付近に光源から放射

された光束を集光する。

【0003】図29の事例においては、オブティカルインテグレーターを用いたケーラー照明を行って、均一な照明を実現している。即ち、楕円ミラー（集光手段2）の第2焦点00付近に集光された光束は、コリメーターレンズ3により平行光に変換され、オブティカル・インテグレーター4に平行に入射する。オブティカル・インテグレーター4は、その射出端近傍に多数の集光点を形成する。図29の事例においては、それらを2次光源とし、光学系5によって照明領域6を均一に照明している。

【0004】なお、照明領域の形状に合わせて照明するためには、ケーラー照明であることから、オブティカル・インテグレーターからの射出角が照明位置に対応するように、オブティカル・インテグレーター4であるハエノ目レンズを設計し、採用すればよい。例えば、照明領域が正方形であれば、断面が正方形である棒レンズを並べた、図30に示すような、ハエノ目レンズを用いればよく、また、照明領域が矩形であれば、断面が照明領域と縦横比が同一な矩形である棒レンズを並べた、図31の(a)のような矩形ハエノ目レンズを用いればよい。

【0005】なぜなら、矩形ハエノ目レンズに平行な光束を入射させた場合、図31(b)および(c)に模式的に示すように、図31(b)の、長手方向の断面の方が図31(c)の短手方向よりも、入射面への光線の入射高が高くなるために、出射端からの出射光線と光軸のなす角の最大値が、長手方向においてより大きくなるからである。つまり、 $\phi_b > \phi_c$ となる。この出射光線を用いて、ケーラー照明を行えば、矩形領域を効率よく照明することができる。

【0006】なお、投影露光装置として用いる場合における光学系の構成要素について述べると、図29中、符号7は投影レンズ系、8は投影レンズ系7の絞り、9はウェハ基板である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ハエノ目レンズをオブティカル・インテグレーターとして用いた場合には、図32に示すように、ハエノ目レンズから射出することのできる光線の入射角には自ずと限度がある。つまり、ある入射角度 $a$ で入射した光束は、ハエノ目レンズの射出端から射出することができるが、ある入射角以上、例えば入射角 $b$ で入射した光束は射出することができない。

【0008】もし、集光手段2によって集光された光束が、集光点に完全に集光されるのであるならば、前述のように、コリメーターレンズを用いて、ハエノ目レンズに、平行光として入射させることができるので、前述の入射角と射出可能性との関係を配慮することなく、全ての光束を、ハエノ目レンズより射出でき、効率的に2次光源を形成することが可能である。しかし、高圧水銀ラ

ンプなどの光源は、特定の分布を持って特定の範囲から光束を放射するため、光源から放射された光束を1つの楕円ミラーのみによって、第2焦点に完全に集光させることができない。従って、楕円ミラーで反射された光束は、楕円ミラーの第2焦点近傍の光軸と直交する面で、特定の角度分布と特定の位置分布を持つことになる。

【0009】このように、高圧水銀ランプなどの光源を用いた場合には、光源より発する光束を1点に集光させることができず、コリメーターレンズを用いても、全ての光線を平行光に変換することができない。よって、必ずハエノ目レンズの入射面において特定の角度分布を持った光束群となり、前述のようなハエノ目レンズにおける入射角と射出可能性との関係を配慮しなければならない。もし、射出できない光束が存在すれば、ハエノ目レンズにおいて照度が下がる可能性がある。

【0010】なお、以後は、集光点において分布する光束を、ハエノ目レンズ上に結像させて、被照射面において、均一な照明を行うようにした照明装置について説明する。ただし、このことは本発明の技術的範囲を制限するものではなく、第2焦点近傍に分布した光束を、ハエノ目レンズに、どのように入射させるかは自由に選択でき、例えばコリメーターレンズを用いたとしても本発明の技術的範囲内である。

【0011】前述のように、照明領域が矩形で、矩形ハエノ目レンズを用いる場合には、矩形の長手方向と短手方向とで、射出可能な入射角の最大値が異なる。つまり、図31(b)の長手方向において射出し得る最大の入射角 $\theta_b$ は、図31(c)の短手方向において射出し得る最大の入射角 $\theta_c$ よりも大きい。しかし、従来技術において用いられる集光手段により集光点に至る光束

は、集光手段である楕円ミラーが光軸に対して回転対称であるために、図4に示すように、第1焦点から放射された光束が集光点00を頂点とし、光軸を中心とした円錐を形成していた。なお、本来、注目すべきは、第2焦点に集光されない光束についてであるが、第1焦点から離れた位置から放射された光束は、ほぼ円錐に沿って第2焦点近傍を通る。従って、ここでの説明においては、第1焦点から放射された光束が形成する錐を持って、代用することにする。また、以後の説明についても、第1焦点から放射された光束のみを議論するが、第1焦点から離れた位置から放射された光束が、その光束が形成する錐の近傍に分布しており、同様の議論ができる。

【0012】つまり、従来の回転対称な集光ミラーを用いた場合に、集光点における光束の角度分布は、長・短径の両方向で同じであり、これら集光光束によって、矩形ハエノ目レンズを用いて、効率的に矩形領域を照明しようとする、全ての光束が、矩形ハエノ目レンズから射出できるように、より射出可能な角度が小さい、短手方向の射出可能な最大入射角 $\theta_c$ より小さい角度で入射させる必要があった。

【0013】しかし、光学系においては、Helmholtz-Lagrangeの関係式による制限がある。これは光学系においてHelmholtz-Lagrangeの不変量と呼ばれる2つの光線が交わる角度と交点の光軸からの距離との積が保存されるというものである。前述のように、第1焦点外から放射された光束は集光点に集光してないため、0ではないHelmholtz-Lagrangeの不変量を持っている。

【0014】従って、像点であるハエノ目レンズの入射面で入射角を小さくしようとすると、像高が高くなる。つまり、ハエノ目レンズの入射面の面積が大きくなってしまふ。ハエノ目レンズの入射面の面積は、照明装置における有効光源の大きさと対応するため、有効光源の大きさが定まっている照明装置においては、これに対応する特定の面積に定まっている。このため、ある角度よりも入射角を小さくすることはできないので、従来の集光ミラーにおいては、ハエノ目レンズにおいて出射できない光束が存在し、照度が落ちるという問題があった。

【0015】本発明は、上記事情に基づいてなされたもので、矩形の照明領域に対しても、効率よく照明することができるように集光手段を改良した照明装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明では、ある大きさを持った所定の範囲から光束を発散する光源と、該光源から発散された光束を集光する集光手段と、該集光手段によって集光された光束を用いて、互いに直交する2方向について長さの異なる矩形形状の被照射領域を形成するため、前記直交する2方向について長さの異なる矩形断面の素子レンズを前記直交する2方向に配列したオプティカルインテグレータとを備えた照明装置であって、前記集光手段によって集光される光束と光軸とのなす集光角の最大値が前記直交する2方向で異なるように、前記集光手段を構成したことを特徴とする。

【0017】この場合、本発明の実施の形態として、前記集光手段は、前記光源から発散された光束を反射することにより、前記オプティカルインテグレータへ光束を指向する主反射鏡と、該主反射鏡に直接到達しない光束を反射することにより、前記主反射鏡へ光束を指向する補助反射鏡とを有し、前記主反射鏡は、前記光源の中心付近を第1焦点とする少なくとも1つの楕円ミラーから構成され、前記補助反射鏡は、前記主反射鏡の第1焦点もしくは第2焦点付近を中心とする球面ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする双曲面ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする楕円ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を焦点とする放物面ミラー、もしくは平面ミラーの少なくとも1つ以上から構成され、前記集光手段以降の光学系は、該光学系の光軸に対して、前記集光手段によって集光された光束の最大集光角が対称になるように配置されていることが好ましいので

ある。

【0018】同様に、本発明の実施の形態として、前記集光手段は、前記光源から発散された光束を反射することにより、前記オプティカルインテグレータへの光束を指向する主反射鏡と、該主反射鏡に直接到達しない光束を反射することにより、前記主反射鏡へ光束を指向する補助反射鏡とを有し、前記主反射鏡は、前記光源の中心付近を第1焦点とする少なくとも1つの楕円ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を持つ少なくとも1つの双曲線ミラーとから構成され、前記補助反射鏡は、前記主反射鏡の第1焦点もしくは第2焦点付近を中心とする球面ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする双曲面ミラー、前記主反射鏡の第1焦点付近を1つの焦点とする楕円ミラー、主反射鏡の第1焦点付近を焦点とする放物面ミラー、もしくは平面ミラーの少なくとも1つ以上から構成され、前記集光手段以降の光学系は、該光学系の光軸に対して、前記集光手段によって集光された光束の最大集光角が対称になるように配置されていることが好ましい。

【0019】なお、これら実施の形態における照明装置では、前記主反射鏡と補助反射鏡とは、前記集光手段以降の光軸を含み、前記直交方向の内の短手方向に平行な面に対して、ほぼ面対称な形状であるのがよい。

【0020】前記主反射鏡は、前記光源の近傍を一方の焦点とする楕円ミラーであって、該楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の長手方向に平行な面の片側のみに存在するような形状であることが、本発明の実施の形態として好ましい。

【0021】また、前記補助反射鏡は、光源の中心付近を中心とする球面ミラーであって、前記楕円ミラーと前記球面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置されていること、あるいは、前記補助反射鏡は、光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーで構成され、前記楕円ミラーと前記2つの放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置されていることが、本発明の実施の形態として好ましい。

【0022】また、前記補助反射鏡は、光源の中心付近を焦点とする放物面ミラーと平面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記平面ミラーは、前記放物面ミラーで反射された平行光束に対して垂直に配置されていることが、本発明の実施の形態として好ましい。

【0023】また、前記補助反射鏡は、前記光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置にある2つの

焦点を有する双曲面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記双曲面ミラーは、前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向された光束の内、前記光軸となす角が所望角度以上の光を反射するように配置されていることが、本発明の実施の形態として好ましい。

【0024】また、前記補助反射鏡は、前記光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーと、前記楕円ミラーの前記光源から遠い方の焦点付近を中心とする球面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、前記楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記球面ミラーは、前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向された光束の内、前記光軸となす角が所望角度以上のものを反射するように配置されていることが、本発明の実施の形態として好ましい。

【0025】更に、前記補助反射鏡は、前記光源の中心付近を焦点とする少なくとも2つの放物面ミラーと、前記光源の中心付近を中心とする球面ミラーとで構成され、前記楕円ミラーと前記放物面ミラーとは、楕円ミラーの2つの焦点を結ぶ直線を含み、前記直交する2方向の内の長手方向に平行な面の近傍を境界として配置され、前記楕円ミラーは、前記オブティカルインテグレータに指向される光束が光軸となす角が所望角度以内になるように構成されており、前記球面ミラーは、前記楕円ミラーからの漏れ光を反射すると共に前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向される光束を遮らないように配置されていることが、本発明の実施の形態として好ましい。

【0026】なお、要すれば、前記集光手段の開口を前記直交する2方向で長さが異なるように設定したこと、前記集光手段は、前記直交する2方向で異なる反射面形状を有すること、前記集光手段は、焦点位置が同じで、短径と長径の長さが異なる2つの楕円ミラーで構成されていること、あるいは、前記集光手段は、前記オブティカルインテグレータへ光束を指向する主反射鏡と、前記光源から該主反射鏡に直接到達しない光束を、前記主反射鏡に指向する補助反射鏡を有することが有効である。また、ここでは、前記主反射鏡の開口が、ほぼ矩形であることが特徴である。

【0027】また、前記主反射鏡が、前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーであり、前記補助反射鏡が前記光源の中心付近を中心とする球面ミラーであって、前記楕円ミラーの開口は、ほぼ矩形になるように構成され、前記球面ミラーは、前記楕円ミラーからの漏れ光を反射すると共に前記楕円ミラーによって前記オブティカルインテグレータへ指向される光束を遮らないよう

に配置されていること、あるいは、前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーであり、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を有する双曲面ミラーであって、前記双曲面ミラーの開口は、ほぼ矩形であることが、実施の形態として好ましい。

【0028】また、前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーであり、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点の中間で、該2つの焦点を結ぶ直線と直交する平面ミラーであって、該平面ミラーの開口は、ほぼ矩形であること、あるいは、前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を持つ双曲面ミラーとで構成され、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点の中間で、該2つの焦点を結ぶ直線と直交する双曲面ミラーであって、前記補助ミラーとしての双曲面ミラーの開口が、ほぼ矩形になるように構成すると共に、前記主反射鏡の一部としての双曲面ミラーは、前記補助ミラーとしての双曲面ミラーで反射された光束を反射することにより、前記オブティカルインテグレータに指向するように配置されていることが、他の実施の形態として好ましい。

【0029】更に、前記主反射鏡が前記光源の中心付近を第1焦点とする楕円ミラーと、前記楕円ミラーの2つの焦点とほぼ同じ位置に2つの焦点を持つ双曲面ミラーとで構成され、前記補助反射鏡が前記楕円ミラーの2つの焦点の中間で、該2つの焦点を結ぶ直線と直交する平面ミラーであって、前記平面ミラーの開口が、ほぼ矩形になるように構成すると共に、前記主反射鏡の一部としての双曲面ミラーは、前記平面ミラーで反射された光束を反射することにより、前記オブティカルインテグレータへ指向するように配置されていることが、他の実施の形態として好ましい。

【0030】そして、パターンを照射する照明装置と、該パターンを基板上に投影する投影光学系とを有する投影露光装置において、前記照明装置が上述の構成であることが、また、この投影露光装置を用いてデバイスを製造することも、本発明の技術的範疇にある。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の照明装置を半導体素子などの製造用の投影露光装置に適用した実施の形態を、図面を参照して具体的に説明する。なお、図1

(a)は本発明の基本となる投影露光装置の実施形態を示す、 $x-z$ 平面での断面図、図1(b)は、その $y-z$ 平面での断面図である。ここで、符号1は光源として用いる高圧水銀ランプであり、ある分布を持って特定の範囲(所定の大きさを持った範囲)から光を放射している。また、符号2は光源から放射された光束を集光するミラーであり、このミラーの開口の形状を、集光点00から見て、例えば、矩形とすることにより、矩形開口の

長手方向と短手方向とで、集光点00における光束の角度分布を異ならせている。光学系3は、集光点00における分布を、断面が矩形の複数の棒レンズ（素子レンズ）で構成された矩形ハエノ目レンズ4の入射面上に投影している。矩形開口を有するミラー2の作用により、矩形ハエノ目レンズに入射する光束の角度分布は、各素子レンズ断面の長・短手の方向について異なっており、光軸となす最大集光角が、素子レンズの矩形断面の短手方向では小さく、長手方向では大きくなるようになっている。これにより、矩形ハエノ目レンズ4は、射出面近傍に、各素子レンズ毎に効率よく、集光点群（2次光源）を形成できる。

【0032】矩形ハエノ目レンズ4によって形成された集光点群からの光束は、各素子レンズ断面の矩形の長手方向と短手方向の直交する2方向で射出角度の分布が異なっており、長手方向では、光軸となす角が短手方向に比べてより大きい角度まで射出光束が分布している。これにより、矩形の照明領域を効率よく形成している。

【0033】また、符号5はハエノ目レンズ4により形成された集光点群を用いて、被照明面であるレチクル6を矩形の照明領域でケーラー照明し、均一に照明するための光学系である。更に、符号7は投影光学系であり、レチクル6上のパターンをウエハー基板9上に縮小投影している。また、符号8は絞りであり、投影光学系7の開口数を決めている。

【0034】本発明のポイントは、集光手段である集光ミラー2の集光点00における角度分布が、直交する2つの方向で異なっていることであり、以後、この集光手段である、図1の集光ミラー2の様々な実施の形態について詳細に説明する。

【0035】（第1の実施の形態）図5（a）は、第1の実施の形態における集光ミラー2の光軸を含み、集光点において小さい角度で集光する方向の断面（x-z平面）を示しており、図5（b）は同じく、集光ミラー2の光軸を含み、集光点において大きい角度で集光する方向の断面（y-z平面）を示している。集光ミラー2は、光源付近を第1焦点とする楕円ミラー101と光源付近を中心とする球面ミラー201の組み合わせからな\*

$$x = (b^2 / a - c \cos \theta) \cos \theta \tan \phi \quad (1)$$

$$y = (b^2 / a - c \cos \theta) \cos \theta \tan \psi \quad (2)$$

$$z = -(b^2 / a - c \cos \theta) \cos \theta + c \quad (3)$$

が楕円ミラーの境目であり、球面ミラーは、その境目から反射された光線が当たらないような、半径を持ち、 $(0, 0, \sqrt{a^2 - b^2})$ を中心としている。ただし、 $\tan^2 \theta = \tan^2 \psi + \tan^2 \phi$ 、 $c = \sqrt{a^2 - b^2}$ である。

【0040】勿論、製造上の問題から加工ができない場合には、加工し易い形状、例えば、楕円ミラー101を、前述の座標系において、 $x = \pm X$ 、 $y = \pm Y$ となる位置で切断し、ミラーの射影が、長方形になるようにし

＊る。

【0036】即ち、ここでの集光手段は、楕円ミラー101と球面ミラー201とを組み合わせたもので、楕円ミラー101、球面ミラー201共に図5（a）の光軸（z軸）を中心に回転させた、光軸に対して回転対称な形状であるが、楕円ミラー101の直交する2断面における開口の大きさが、図5（a）および（b）のようにそれぞれ異なっている。即ち、楕円ミラー101の開口形状は、図6に示すように、集光点00（楕円ミラー101の第2焦点近傍）から見て、矩形である。

【0037】第1の実施の形態において、光源1から球面ミラー201の方向に放射された光は、球面ミラー201で反射され、光源の中心付近に戻されるが、高圧水銀ランプの中心は空洞であるから、そのまま、光源の中心付近を通過し、楕円ミラー101で反射されて、集光点00に集光される。一方、楕円ミラー101の方向に放射された光束は、楕円ミラー101で反射されて、直接に集光点00近傍に集光される。ここでの楕円ミラー101の開口は矩形であるから、集光点00に至る光束群は、二つの直交する方向で、集光角度が異なっており、集光点00を頂点とする四角錐を形成する。従って、矩形の照明領域を照明をするのに適した矩形断面の素子レンズで構成される矩形ハエノ目レンズに効率よく光を入射できる。

【0038】第1の実施の形態における集光ミラーの形状の具体例としては、長径2a、短径2bの楕円ミラー101と球面ミラー201とを用いると共に、集光点00に至る光束群を、仰ぎ角がx方向に $\Phi$ 、y方向に $\Psi$ の四角錐（図2を参照）状に集光するような集光手段の形状が挙げられる。

【0039】ここでは、2つの焦点の中心を原点とし、直交座標系を楕円ミラー101の2つの焦点が $(0, 0, \pm \sqrt{a^2 - b^2})$ となるように取り、光源位置を $(0, 0, -\sqrt{a^2 - b^2})$ 、集光点を $(0, 0, \sqrt{a^2 - b^2})$ とすると（図7を参照）、 $\phi = \pm \Phi$ のもとで元で $\phi$ を $-\Psi < \phi < \Psi$ の範囲で、 $\psi = \pm \Psi$ のもとで $\psi$ を $-\Phi < \psi < \Phi$ の範囲で変化させた時に、

てもよい。この条件で、矩形ハエノ目レンズを照明した場合でも、等方的な開口形状の従来技術に比べれば、無駄になる光量を減らすことができる。

【0041】（第2の実施の形態）図8は、本発明の第2の実施の形態の集光ミラーを示すもので、その集光ミラーの光軸を含む断面で示されている。集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じであるから、その点は説明を省略する。本実施形態の集光ミラーは、光源付近を第1焦点とする楕円ミラー101と、この楕円ミラ



ー101に対して2つの焦点がほぼ同じ位置にある双曲面ミラー231とからなる。そして、双曲面ミラー231の開口部は、集光点00から見て矩形である。

【0042】第1の実施の形態においては、光源から放射された光束の内、集光点00から見て、矩形である楕円ミラー101に当たらない光束を、球面ミラー201で反射し、光源の中心付近に戻していたが、第2の実施の形態においては、楕円ミラー101で反射された光束の内、集光点00から見て、矩形の開口内に入らない光束を、双曲面ミラー231で反射し、光源の中心付近に

戻している。  
【0043】即ち、楕円ミラー101で反射されて集光点00へ向う光束の内、集光点00に至る光束群は、集光点00から矩形の開口内にあるから、集光点00に至る光束群が集光点00を頂点とする四角錐を形成する。これは、ハエノ目レンズの光利用効率を向上させるのに\*

$$x = \{ (b^2 (\pm a + c \cos \theta) / (b^2 \cos^2 \theta - a^2 \sin^2 \theta)) \} \cos \theta \tan \phi \quad (4)$$

$$y = \{ (b^2 (\pm a + c \cos \theta) / (b^2 \cos^2 \theta - a^2 \sin^2 \theta)) \} \cos \theta \tan \psi \quad (5)$$

$$z = \{ (b^2 (\pm a + c \cos \theta) / (b^2 \cos^2 \theta - a^2 \sin^2 \theta)) \} \cos \theta + c \quad (6)$$

上式で、x、y、zが、双曲面ミラー231の開口の位置であり、楕円ミラー101は、光源からの光を集めるのに十分な、開口を持っていけばよい。なお、ここで、±が存在するのは、双曲面のどちらの焦点に近い方の面を用いても良いことを示している。

【0046】但し、 $\tan^2 \theta = \tan^2 \phi + \tan^2 \psi$ 、 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ である。勿論、製造上の問題で加工ができない場合には、加工し易い形状、例えば、双曲面ミラー231を、前述の座標系で、 $x = \pm X$ 、 $y = \pm Y$ なる位置で切断し、ミラーの射影が長方形の開口となるようにしてもよい。これでも、等方的な開口形状のミラーを使用した従来技術に比べれば、矩形ハエノ目レンズに入射させた際に無駄になる光量を減らすことができる。

【0047】(第3の実施の形態)図10は、本発明の第3の実施の形態における集光ミラーの光軸を含む断面を示している。集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源付近を第1焦点とする楕円ミラー101と、楕円ミラー101に対して2つの焦点のほぼ中間に存在する平面ミラー241とからなる。なお、平面ミラー241の開口部は、集光点00(楕円ミラー101の第2焦点近傍)から見て、矩形である。

【0048】第3の実施の形態においては、第2の実施の形態と同様に、楕円ミラー101で反射された光束の内、集光点00から見て、平面ミラー241の矩形の開口内に入らない光束を、平面ミラー241で反射して、光源の中心付近に戻している。また、楕円ミラー101

\*適している。

【0044】第2の実施の形態での集光ミラーの形状の具体例として、主反射鏡である楕円ミラー101と、その楕円ミラーに対して2つの焦点が同じ位置にある双曲面ミラー231とで、断面が $(x^2/a^2) - (y^2/b^2) = 1$ で描ける双曲面ミラー231を用いて、集光点00に集光する光束を、仰ぎ角がx方向に $\phi$ 、y方向に $\psi$ の四角錐(図2を参照)から集光するような形状を挙げることができる。

【0045】ここでは、2つの焦点の中心を原点とし、直交座標系を2つの焦点が $(0, 0, \pm\sqrt{a^2 + b^2})$ となるようにとり、光源を $(0, 0, \sqrt{a^2 + b^2})$ 、集光点を $(0, 0, -\sqrt{a^2 + b^2})$ とすると(図9を参照)、 $\phi = \pm\Phi$ のもとで元で $\psi$ を $-\Psi < \psi < \Psi$ の範囲で、 $\psi = \pm\Psi$ のもとで $\phi$ を $-\Phi < \phi < \Phi$ の範囲で変化させた時に、

で反射されて集光点00に向う光束の内、集光点00に至る光束群は、集光点00から矩形の開口内にあるものであるから、集光点00に至る光束群が集光点00を頂点とする四角錐を形成している。従って、矩形ハエノ目レンズの光利用効率を向上させるのに適している。なお、使用するミラーが平面ミラー241であるから、加工が容易であり、矩形の開口を作るのにも、単に、矩形の開口を作ればよいという加工上の利点もある。

【0049】(第4の実施の形態)図11は、本発明の第4の実施の形態における集光ミラーの光軸を含む断面を示している。集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源付近を第1焦点とする楕円ミラー101と、楕円ミラー101に対して2つの焦点がほぼ同じ位置にある第1の双曲面ミラー231と、楕円ミラー101に対して2つの焦点がほぼ同じ位置にある、別の第2の双曲面ミラー131とからなる。双曲面ミラー231の開口部は、集光点00(楕円ミラー101の第2焦点近傍)から見て、矩形である。

【0050】なお、第1、2、3の実施の形態においては、矩形開口外に向かう光束を光源の中心付近に戻していたが、第4の実施の形態では、第2の双曲面ミラー131により、光源の中心付近に戻る光線を反射して、集光点00に集光させている。この実施の形態においては、ランプによる中抜きを量を小さくすることができ、更なる均一な照明をする際に有効である。

【0051】また、双曲面ミラー231の形状は、第2の実施の形態の双曲面ミラー231と同じである。な

お、開口を決めている双曲面ミラー231の代わりに、第3の実施の形態で用いた平面ミラー241を用いても良い。

【0052】(第5の実施の形態)図12、図13は、本発明の第5の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの面での断面を示している。集光ミラー以外の構成は図1に示した形態と同じである。従来の楕円ミラーは、ある長軸と短軸の長さを持った楕円を、長軸を中心に回転させた形状をしていたが、本実施の形態の集光ミラーは、楕円ミラー101に対して、2つの焦点の位置がほぼ同じで、長径と短径との長さの異なる楕円ミラーの一部102を重ねて、直交する2つの方向で、開口差を付けていることを特徴とする。

【0053】なお、図14は、第5の実施の形態における集光ミラーを、集光点00から臨んだ図である。ここでは、上下方向に放射された光束は、それぞれ長径と短径とが小さい楕円ミラー102で反射され、小さい角度で集光点00に集光しており、左右方向に放射された光束は、長径と短径とが大きい楕円ミラー101で反射され、より大きな角度を持って集光される。

【0054】そして、集光点00に至る光線群は、図14の斜線部を底辺とし、集光点00を頂点とする錐を形成している。従って、矩形ハエノ目レンズを照明をする際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0055】なお、第5の実施の形態において、長径と短径との大きい楕円ミラー101は完全な楕円ミラーの構造にしているが、光源から見て、長径と短径との小さい楕円ミラー102にて覆われていない部分だけでも十分であり、図14の斜線部のみあれば、良いことは言うまでもない。

【0056】(第6の実施の形態)図15は、本発明の第6の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでは、集光ミラーは、光源付近を第1焦点とする楕円ミラー111と、光源付近を中心とする球面ミラー201とからなる。集光ミラーの開口部は、集光点00(楕円ミラー111の第2焦点近傍)から見て、半円である。

【0057】図16は、第6の実施の形態における集光ミラーを、集光点00から臨んだ図であり、下部の半円が楕円ミラー111の端部であり、上部の半円が、球面ミラー201である。半円分の球面ミラーの反射面は、全て光源側を向いていて、集光点00から臨んだ際には、反射面は臨めないで、球面ミラー201部に集光点00から見た開口は存在しない。よって、集光点00から見て、楕円ミラー111の開口部である半円だけ

が、集光ミラーとしての開口である。ここでは、光源から球面ミラー201の方向に放射された光束は、球面ミラー201で反射され、光源の中心付近に戻される。高圧水銀ランプの中心は空洞であるから、そのまま、光源の中心付近を通過し、楕円ミラー111で反射されて、集光点00に集光される。一方、楕円ミラー111の方向に放射された光束は、楕円ミラー111で反射され、集光点00に集光されるが、集光ミラーの開口が半円であるため、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を、半分にした錐を形成している。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0058】なお、第6の実施例においては、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で、光軸となる角の最大値が対象になるように配置する。つまり、図15の直線Aを、集光手段以降の光学系の光軸とする。なぜなら、前述のように、矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでもHelmholtz-Lagrangeの不変量を小さくする方が好ましいからである。

【0059】(第7の実施の形態)図17は、本発明の第7の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。本実施形態の集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、光源の中心付近に焦点を持つ放物面ミラー221と、平面ミラー241からなる。集光ミラーの開口部は、集光点00(楕円ミラー111の第2焦点近傍)から見て半円である。

【0060】既述の第6の実施の形態においては、球面ミラー201によって、開口をなしている楕円ミラー111とは別方向に向う光束を反射して、光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態においては、放物面ミラー221と平面ミラー241とにより反射され、光源の中心付近に戻される。つまり、楕円ミラー111とは別方向に放射された光束は、放物面ミラー221によって反射され、平行光となり、その平行光は、平行光と垂直に配置された平面ミラー241で反射され、再び、平行光として、放物面ミラー221に返される。この平行光は放物面ミラー221で反射されて、再び、光源の中心付近の位置に戻される。

【0061】なお、集光ミラーの開口は半円であるため、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を半分にした錐を形成し、矩形ハエノ目レンズを照明をする際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0062】第7の実施の形態において、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で、光軸となす角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図17の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでも、Helmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0063】なお、図中においては、放物面ミラーが形成する平行光は、光軸と平行であるが、必ずしもその必要はなく、実質的に開口をなす楕円ミラーからの光束を遮らない限り任意であってもよい。

【0064】(第8の実施の形態) 図18は、本発明の第8の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さく角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。本実施形態の集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、光源の中心付近に焦点を持つ2つの放物面ミラー221、222とからなる。なお、集光ミラーの開口部は、集光点00(楕円ミラー111の第2焦点近傍)から見て半円である。

【0065】第6の実施の形態においては、球面ミラー201によって、開口をなしている楕円ミラー111とは別方向に向う光束を反射し、光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態では、2枚の放物面ミラー221、222により反射し、光源の中心付近に戻す。つまり、楕円ミラー111とは別方向に放射された光束は、放物面ミラー221もしくは222によって反射され、平行光となる。平行光は、もう1つの放物面ミラー222もしくは221で反射されて、再び、光源の中心付近の位置に戻される。なお、集光ミラーの開口は半円であるために、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を半分にした錐を形成している。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0066】なお、第8の実施の形態においては、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で、光軸となる角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図18の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでも、Helmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方法が好ましいからである。

【0067】図中においては、放物面ミラーが形成する平行光は、光軸と平行であるが、必ずしも、その必要はなく、開口をなす楕円ミラー111からの光束を遮らない限り任意である。

【0068】(第9の実施の形態) 図19は、本発明の

第9の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度で分布する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、光源の中心付近に焦点を持つ2つの放物面ミラー221、222と、楕円ミラー111に対して2つの焦点がほぼ同じ位置にある双曲面ミラー231の一部とからなる。なお、集光ミラーの開口部は、焦点00側から見て放物面ミラー222と双曲面ミラー231とがなす開口の形状である。

【0069】第8の実施の形態においては、楕円ミラー111で反射した光束を全て集光点00に到達させていたが、本実施の形態では、楕円ミラー111で反射し集光点00に向かう光束の一部を、双曲面ミラー231によって反射して、光源の中心付近に戻し、2つの直交方向における集光角度の差(N. A. 差)をより大きくしている。集光ミラーの開口は、放物面ミラー222と双曲面ミラー231とがなす開口であるために、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とし、放物面ミラー222と双曲面ミラー231のなす開口を底面とする錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0070】なお、第9の実施例において、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で、光軸となす角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図19の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでも、Helmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0071】図中においては、放物面ミラーが形成する平行光は光軸と平行であるが、必ずしもその必要はなく、楕円ミラー111からの光束を遮らない限り任意である。

【0072】(第10の実施の形態) 図20は、本発明の第10の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、光源の中心付近に焦点を持つ2つの放物面ミラー221、222と、楕円ミラー111の光源の中心付近と異なる位置にある、もう1つの焦点00付近に中心を持つ球面ミラー201とで構成されている。なお、集光ミラーの開口部は、焦点00側から見て放物面ミラー222と球面ミラー201とがなす開口の形状である。

【0073】第9の実施の形態においては、楕円ミラー

10

20

30

40

50

111で反射した光束の一部を双曲面ミラー231によって反射して光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態では、楕円ミラーで反射した光束の一部を球面ミラー201によって反射して楕円ミラーで反射した後、光源の中心付近に戻してN. A. 差をより付けるにしている。集光ミラーの開口は、放物面ミラー222と球面ミラー201のなす開口であるために、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とし、放物面ミラー222と球面ミラー201のなす開口を底面とする錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明をする際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0074】なお、第10の実施の形態において、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で、光軸となす角の最大値が対称となるように配置する。つまり、図20の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでも、Helmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0075】図中においては、放物面ミラーが形成する平行光は光軸と平行であるが、必ずしもその必要はなく、楕円ミラー111からの光束を遮らない限り任意である。

【0076】(第11の実施の形態)図21は、本発明の第11の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、光源の中心付近に焦点を持つ2つの放物面ミラー221、222と、光源の中心付近に中心を持つ球面ミラー201とからなる。なお、集光ミラーの開口部は、焦点00から見て楕円ミラー111と放物面ミラー222とがなす開口の形状である。

【0077】第8の実施の形態においては、図の下方向に放射された光束は、全て楕円ミラー111によって反射されていたが、本実施の形態では、下方向に放射された光束の一部を球面ミラー201によって反射し、光源の中心付近に戻して、開口のN. A. 差をより付けるようにしている。なお、集光ミラーの開口は、楕円ミラー111と放物面ミラー222を集光点00から臨んだ時の形状であり、集光点00に至る光束群は集光点00を頂点とし、楕円ミラー111の開口を底面とする錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0078】第11の実施の形態において、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で、光軸とな

す角の最大値が対称となるように配置する。つまり、図21の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでもHelmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0079】図中においては、放物面ミラーが形成する平行光は、光軸と平行であるが、必ずしも、その必要はなく、楕円ミラー111からの光束を遮らない限り、任意である。

10 【0080】(第12の実施の形態)図22は、本発明の第12の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度を集光する方向を含む断面を示す。なお、集光ミラー以外の構成は図1sに示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ2つの楕円ミラー111、211と、楕円ミラー211の2つの焦点(光源の中心と01)と、ほぼ同じ位置に焦点を持つ双曲面ミラー231とからなる。なお、集光ミラーの開口部は、集光点00(楕円ミラー111の第2焦点付近)から見て、半円である。

20 【0081】第6の実施の形態においては、球面ミラー201によって、開口をなしている楕円ミラー111とは別方向に向う光束を反射し、光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態においては、楕円ミラー211と双曲面ミラー231とにより反射され光源の中心付近に戻される。つまり、楕円ミラー111とは別方向に放射された光束は、楕円ミラー211によって反射され楕円ミラー211のもう1つの焦点01に向う。楕円ミラー211の焦点01に向った光束は、双曲面ミラー231によって反射され、再び光源の中心付近の位置に戻される。集光ミラーの開口が半円であるから、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を半分にした錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明をする際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

40 【0082】なお、第12の実施の形態において、集光手段以降の光軸は、直交する2つの方向で光軸となす角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図22の直線Aが集光手段以降の光軸となる。なぜなら、前述のように、矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、すこしでも、Helmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0083】また、楕円ミラー211の第2焦点01の位置は、開口をなす楕円ミラー111からの光束を遮らない限り任意であり、双曲面ミラー231は光源に近い方の双曲面を利用しても構わない。

50 【0084】(第13の実施の形態)図23は、本発明の第13の実施の形態における集光ミラーの光軸を含

21

み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ2つの楕円ミラー111、211と、楕円ミラー211の光源と第2焦点01とはほぼ同じ位置に中心を持つ球面ミラー201とからなる。集光ミラーの開口部は、集光点00（楕円ミラー211の第2焦点近傍）から見て半円である。

【0085】第6の実施の形態においては、開口をなし  
10 ている楕円ミラー111とは別方向に向う光束を球面ミラー201によって反射し、光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態においては、楕円ミラー211と球面ミラー201により、楕円ミラー111に向かう光束以外の光束が反射され光源の中心付近に戻される。つまり、楕円ミラー111とは別方向に放射された光束は、楕円ミラー211によって反射され、楕円ミラー211のもう1つの焦点01に向う。焦点01に向った光束は、球面ミラー201によって反射され、再び楕円ミラー211に反射され、光源の中心付近の位置に戻され  
20 る。集光ミラーの開口は半円であるから、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を半分にした錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0086】なお、第13の実施の形態において、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で光軸となす角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図23の直線Aが集光手段以降の光軸となる。なぜ  
30 なら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでもHelmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0087】楕円ミラー201の第2焦点01の位置は、開口をなす楕円ミラー111からの光束を遮らない限り任意である。

【0088】（第14の実施の形態）図24は、本発明の第14の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む断面を示している。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、光源の中心付近に第1焦点を持ち、楕円ミラー111の集光点00と異なる位置に第2焦点01を持つ楕円ミラー211とからなる。なお、集光ミラーの開口部は、集光点00（楕円ミラー211の第2焦点近傍）から見て半円である。

【0089】なお、第6の実施の形態においては、開口をなし  
40 ている楕円ミラー111とは別方向に向う光束を

22

球面ミラー201によって反射し、光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態においては、楕円ミラー111とは別方向に向かう光束は楕円ミラー211により反射されて光源の中心付近に戻される。つまり、楕円ミラー111とは別方向に放射された光束は、楕円ミラー211によって反射され、楕円ミラー211の第2焦点01を通り、再び楕円ミラー211によって反射され光源の中心付近の位置に戻される。なお、集光ミラーの開口は半円であるから、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を半分にした錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0090】また、第14の実施の形態において、集光手段以降の光学系の光軸は、直交する2つの方向で光軸となす角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図24の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように、矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでもHelmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0091】なお、楕円ミラー211の第2焦点01の位置は、開口をなす楕円ミラー111からの光束を遮らない限り任意である。

【0092】（第15の実施の形態）図25は、本発明の第15の実施の形態における集光ミラーの光軸を含み、直交する2つの方向の内、集光点において、最大集光角の光線がより小さい角度で集光する方向を含む面での断面を示す。なお、集光ミラー以外の構成は、図1に示した形態と同じである。ここでの集光ミラーは、光源の中心付近に第1焦点を持つ楕円ミラー111と、楕円ミラー111の2つの焦点の中間に配置した平面ミラー241とからなる。

【0093】第6の実施の形態においては、開口をなし  
40 ている楕円ミラー111とは別方向に向う光束を球面ミラー201によって反射し、光源の中心付近に戻していたが、本実施の形態においては、楕円ミラー111とは別方向に向かう光束は、楕円ミラー111と平面ミラー241とにより、反射されて光源の中心付近に戻される。つまり、開口をなす楕円ミラー（図25中では下半分）とは別方向に放射された光束は、開口をなさない楕円ミラー（図25中では上半分）によって反射され、楕円ミラー111の第2焦点00に向って放射される。00に向った光束は、平面ミラー241で反射され、光源の中心付近の位置に戻される。集光ミラーの開口は半円であるから、集光点00に至る光束群は、集光点00を頂点とする円錐を半分にした錐を形成する。従って、矩形ハエノ目レンズを照明する際に、従来のミラーを使用した場合に比べて、光源から放射されたエネルギーを効率的に使用することができる。

【0094】なお、第15の実施の形態において、集光手段以降の光学系の光軸は直交する2つの方向で光軸となす角の最大値が対称になるように配置する。つまり、図25の直線Aが集光手段以降の光学系の光軸となる。なぜなら、前述のように矩形ハエノ目レンズを効率よく照明するには、少しでもHelmholtz-Lagrangeの不変量が小さい方が好ましいからである。

【0095】図中では、1つの楕円ミラー111を用いて、上方向に放射された光束を反射しているが、必ずしもその必要はなく、別に楕円ミラーを用意してもよい。10  
その場合、平面ミラー241は、別に設けた楕円ミラーの2つの焦点の中心付近に配置すればよい。また、主反射鏡や補助反射鏡を分割した実施の形態もあり得る。図26は、第8の実施の形態において、2枚であった放物面の補助反射鏡を、3枚に分割したもので、それぞれの放物面は、光源の中心付近に焦点を持っている。このように分割することによって、光源に戻ってくる光束の角度分布を所望に選択することができる。

【0096】(その他の実施の形態) 図27は、第10の実施の形態において、楕円面の主反射鏡を分割したものである。それぞれの楕円面は、光源の中心付近と、集光点00付近とに焦点を持っている。このように分割することによって、双曲面によって戻される光線と、楕円ミラーによって集光される光束が楕円ミラーに当たる位置の集光点00からの仰ぎ角が、境界不連続になるので、双曲面ミラーを配置する際に、ミラー相互の組立て誤差の許容範囲を大きくとることができる。

【0097】また、他の実施の形態についても同様であり、放物面ミラー、楕円ミラー、双曲線ミラーを、ほぼ同じ位置に焦点を持つ、幾つかの集光ミラーに分割することが可能であり、また、球面ミラーを同じ中心を持つ、幾つかの集光ミラーに分割することが可能であり、また、平面ミラーを平行な幾つかのミラーに分割することも可能である。

【0098】図19~21において使用する2つの放物面ミラー221、222の代わりに、図22に示す楕円ミラー211と双曲面ミラー231、図23に示す楕円ミラー211と球面ミラー201、図24に示す楕円ミラー211、および、図25に示す、開口をなさない楕円ミラー111と平面ミラー241を用いても、前者のもの(図19~21)と同じ効果を実現できる。

【0099】なお、ここで、「境界」とは、光束がそこを境に反射されるミラーが異なるのを言い、必ずしも、ミラーが境界で切れていなくてもはならないという訳ではない。

【0100】本発明では、以上の実施の形態において、説明の簡単のために、光軸を含む面に境界を配置したが、必ずしもこのように構成する必要はない。例えば、図28では、第6の実施の形態での境界面を、光軸を含まない面に持つ実施の形態を示している。ここでは、図

中、Cの点が境界面となっている。また、境界面で平面である必要もなく、その境界は、必要に応じて自由に設定できる。

【0101】また、本発明が適用される光学系において、上述のような集光手段によって集光された光束を用いて、どのように被照射面を照射するとしても、本発明の技術的範疇にあると考えられる。また、本発明は、上述の実施の形態において、ハエノ目レンズを用いたケーラー照明を行ったが、上述のような光源の集光手段を用いれば、パイプを用いたケーラー照明など、その後の構成にどのような光学系を介在させるかを問わないのであって、換言すれば、如何なる照明方法を用いても、その点で、本発明の技術的範囲に属すると考える。

【0102】その一例として、図33には、光源1と矩形ハエノ目レンズ4との間に、内面反射型のオプティカル・インテグレータとして、正方形(断面)パイプ10を配置した照明装置の実施の形態が示されている。ここで、(a)は矩形照明領域の短辺方向に相当するy-z平面における断面図であり、(b)は長辺方向に相当するx-z平面における断面図である。なお、図1で説明した実施形態の投影露光装置での同一部材は同一符号で示している。また、本実施の形態においては、光源1によって放射された光を集光する集光手段として、図15、図16に示した第6の実施の形態と同じ集光ミラーを採用している。

【0103】ここでは、光源1を発した光は、球面ミラー201および/または楕円ミラー111で反射した後、i線以外の波長の光を大部分カットするためのi線フィルター12を介して、正方形パイプ10の入射面近傍に集光する。正方形パイプ10に入射した光は、その内面反射面で多重反射しながら、その内部を通過して、光軸と垂直な面に光源1の複数の虚像を形成する。このため、正方形パイプ10の射出面では、これら複数の虚像からあたかも射出したように見える複数の光束が互いに重ね合わされるので、均一な照度分布が得られる。

【0104】結像光学系11は、正方形パイプ10の射出面の像を矩形ハエノ目レンズ4の入射面に形成するように構成される。正方形パイプ10によって照度分布が均一化された光を矩形ハエノ目レンズ4によって波面分割し、レクチル6上で再び重ね合わせる。従って、図1の系に比べて、本実施の形態での照明装置は更なる照明領域での照度均一化が実現できる。

【0105】図33から理解されるように、矩形ハエノ目レンズの前方に、正方形パイプなどの他の光学要素が存在したとしても、矩形ハエノ目レンズに入射する光の角度分布は、集光ミラーの集光点における角度分布に依存して決まるので、本発明のように、集光ミラーの集光点における角度分布を、照明領域の長辺方向と短辺方向で異ならせることによって、図33に示したような照明装置においても、光源から発した光の有効利用が図れる

ことになる。

【0106】（本発明に係わる露光装置を用いた半導体デバイスの製造方法）次に、上述の露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。図34は半導体デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、あるいは、液晶パネルやCCDなど）の製造のフローを示す。ここで、ステップ1において、半導体デバイスの回路設計がなされる。また、ステップ2では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3では、シリコンなどの材料を用いて、ウエハを製造する。

【0107】ステップ4は、前工程（ウエハプロセス）と呼ばれていて、先に用意されたマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によって、ウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップは、後工程（組立て）と呼ばれていて、ステップ4により作成されたウエハを用いて、半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）などの工程を含む。

【0108】ステップ6では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て、半導体デバイスを完成して、最終的に出荷（ステップ7）するのである。

【0109】図35は、上述のウエハプロセスの詳細を示すフローである。ステップ11ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12では、ウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13では、ウエハ上に電極を蒸着によって、形成する。ステップ14では、ウエハにイオンを打ち込む。また、ステップ15では、レジスト処理でウエハに感光剤を塗布し、ステップ16では、上述の露光装置によって、マスクの回路パターンをウエハ上に焼き付け露光する。

【0110】更に、ステップ17では、露光したウエハを現像し、ステップ18では、エッチングによって、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。そして、ステップ19では、エッチングが済んで、不要となったレジストを取り除く（レジスト剥離）。これらのステップを繰り返すことにより、ウエハ上に多重の回路パターンが形成されるから、本発明の実施の形態による照明装置、それを用いた投影照明装置により、従来では製造が難しかった高集積度の半導体デバイスも容易に製造できる。

【0111】

【発明の効果】本発明は、以上詳述したように照明装置を構成することにより、集光手段による集光光束の光軸となす角の最大値が、直交する2つの方向で異なる集光光束が得られ、その結果、矩形断面の複素子レンズによって構成される矩形ハエノ目レンズを、光量の無駄なく、効率的に照明できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的な投影露光装置の実施の形態を

示す断面図である。

【図2】集光ミラーの開口が矩形である場合の集光点に至る光束群を示す平面および側面図である。

【図3】集光ミラーの開口が半円である場合の集光点に至る光束群を示す斜視図である。

【図4】従来の集光ミラーにおいて、集光点に至る光束群を示す斜視図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態の集光ミラーの平面断面および側面断面図を示す。

【図6】本発明の第1の実施の形態の集光ミラーを集光点から臨んだ形状を示す。

【図7】第1の実施の形態の具体的な形状を表示する際の座標を示す。

【図8】本発明の第2の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図9】第2の実施例の具体的な形状を表示する際の座標を示す。

【図10】本発明の第3の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図11】本発明の第4の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図12】本発明の第5の実施の形態の集光ミラーのある面での断面図を示す。

【図13】第5の実施例の集光ミラーの、図12と直交する面での断面図を示す。

【図14】本発明の第5の実施の形態の集光ミラーを集光点から臨んだ形状を示す。

【図15】本発明の第6の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図16】第6の実施例の集光ミラーを集光点から臨んだ形状を示す。

【図17】本発明の第7の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図18】本発明の第8の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図19】本発明の第9の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図20】本発明の第10の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図21】本発明の第11の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図22】本発明の第12の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図23】本発明の第13の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図24】本発明の第14の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図25】本発明の第15の実施の形態の集光ミラーの断面図を示す。

【図26】本発明の第8の実施の形態において、ミラー

を分割した事例を示す。

【図27】本発明の第10の実施の形態において、ミラーを分割した事例を示す。

【図28】本発明の第6の実施の形態において、境界を、光軸を含まない面にした事例を示す。

【図29】従来の照明装置の光束群を示す。

【図30】正方形の照明領域に対するハエノ目レンズの断面を示す。

【図31】矩形の照明領域に対するハエノ目レンズの断面、平面および側面を示す。

【図32】ハエノ目レンズにおける光線を示す。

【図33】光源とハエノ目レンズとの間に、オプティカルインテグレータとして、正方形パイプを配置した照明装置の実施の形態を示す平面および側面図である。

【図34】本発明に係わる照明装置を用いた半導体デバイスの製造プロセスを示すフローチャートである。

【図35】同じく、ウエハプロセスの詳細を示すフローチャートである。

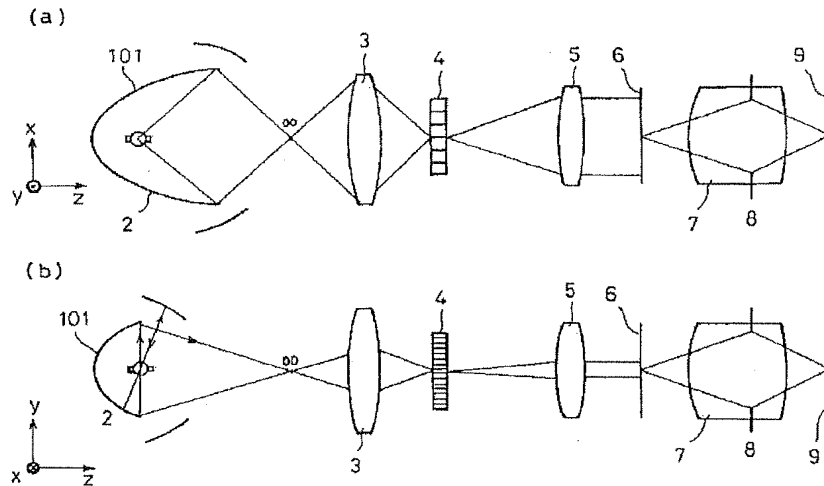
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 集光手段
- 3 コリメータレンズ

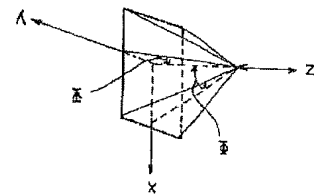
- \* 4 オプティカル・インテグレータ
- 5 光学系
- 6 照明領域（レチクル）
- 7 投影光学系
- 8 絞リ
- 9 ウエハー基板
- 10 正方形パイプ
- 00 主反射鏡の第2焦点近傍にある集光点
- 01 補助反射鏡の第2焦点
- 10 101, 102 主反射鏡となる楕円ミラー
- 111 主反射鏡となる半楕円ミラー
- 121 主反射鏡となる楕円ミラーの一部
- 131 主反射鏡となる双曲面ミラー
- 201 補助反射鏡となる球面ミラー
- 211 補助反射鏡となる楕円ミラー
- 221, 222, 223 補助反射鏡となる放物面ミラー
- 231 補助反射鏡となる双曲面ミラー
- 241 補助反射鏡となる平面ミラー
- 20 A 集光手段以降の光軸を示す。（z軸と等しいものは省略）

\*

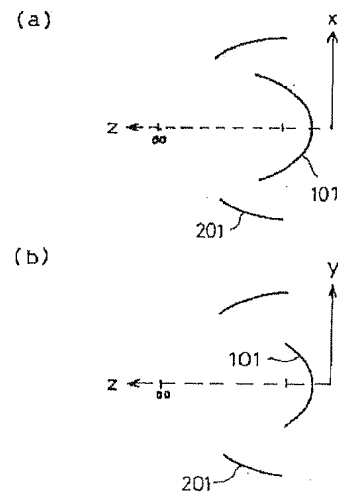
【図1】



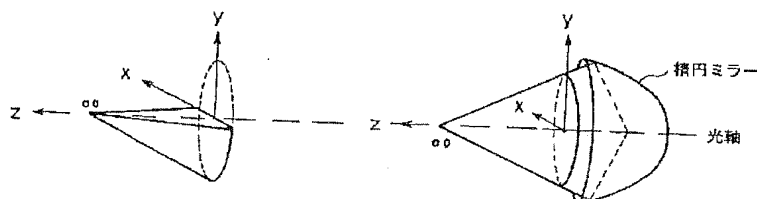
【図2】



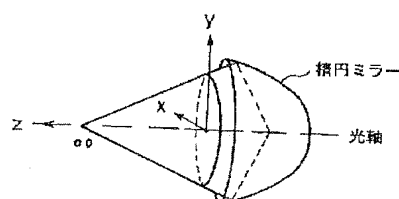
【図5】



【図3】

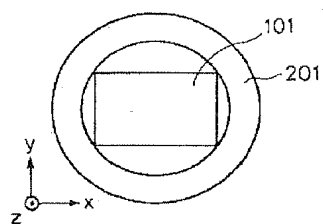


【図4】

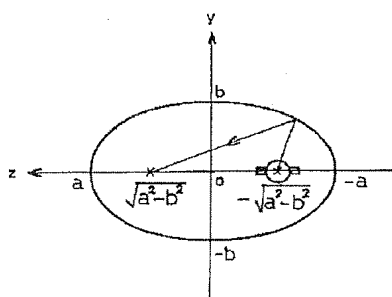




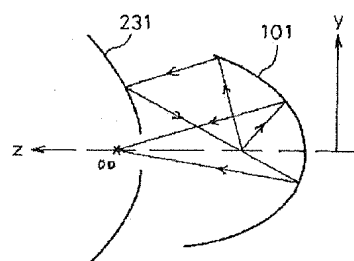
【図6】



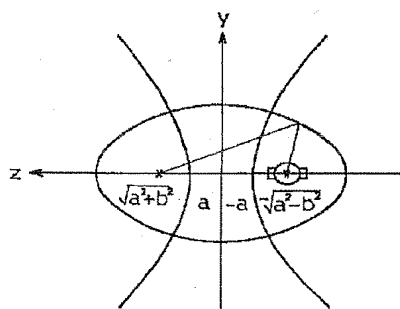
【図7】



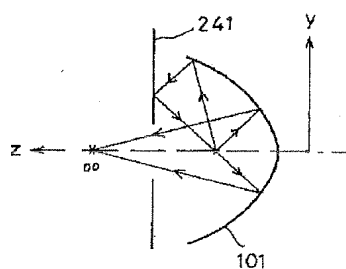
【図8】



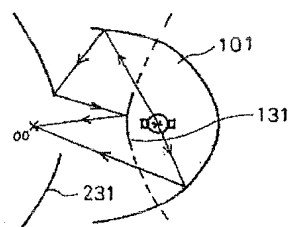
【図9】



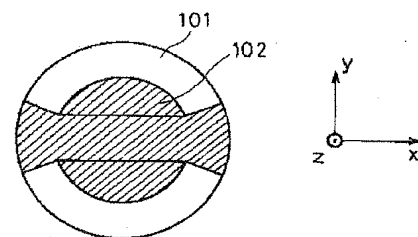
【図10】



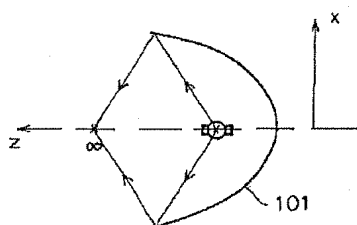
【図11】



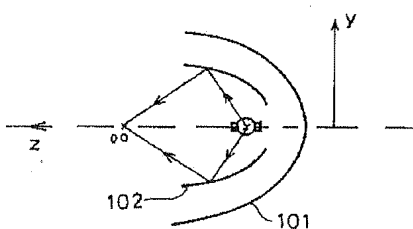
【図14】



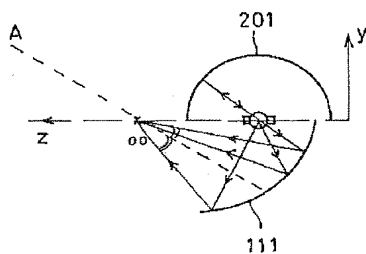
【図12】



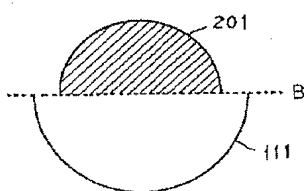
【図13】



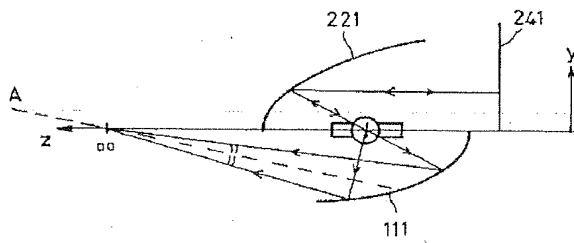
【図15】



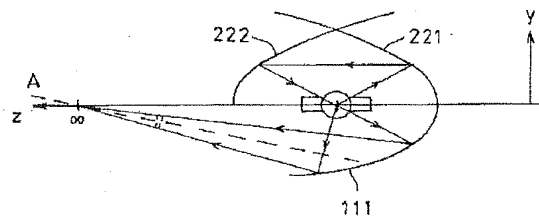
【図16】



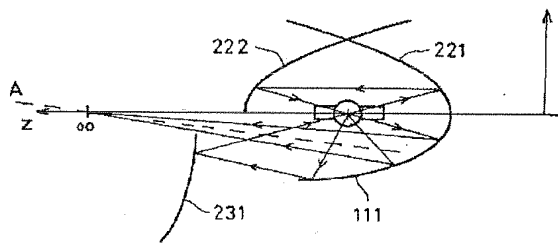
【図17】



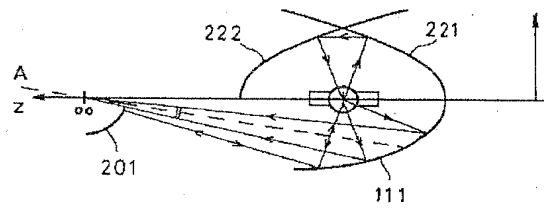
【図18】



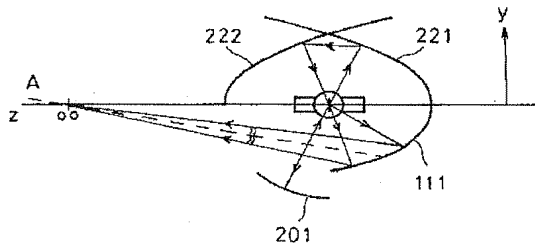
【図19】



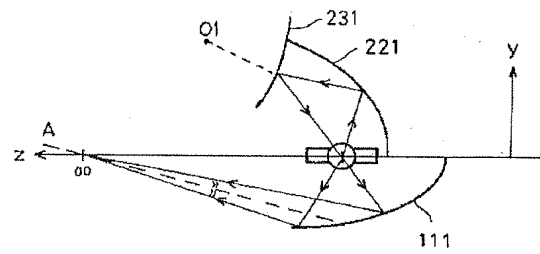
【図20】



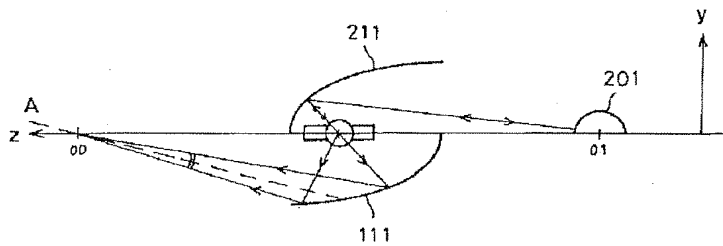
【図21】



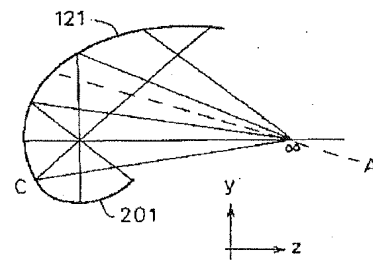
【図22】



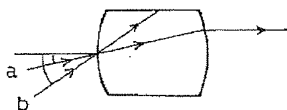
【図23】



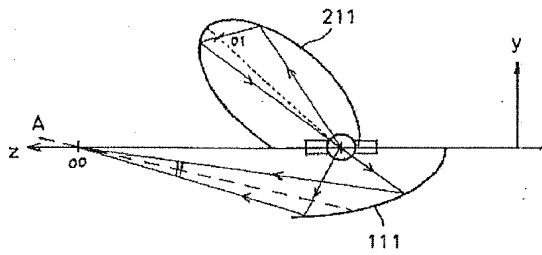
【図28】



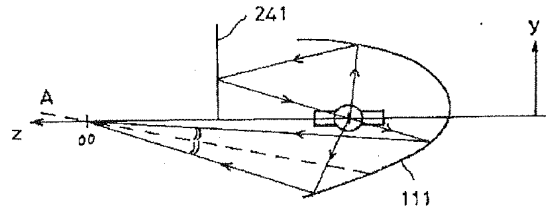
【図32】



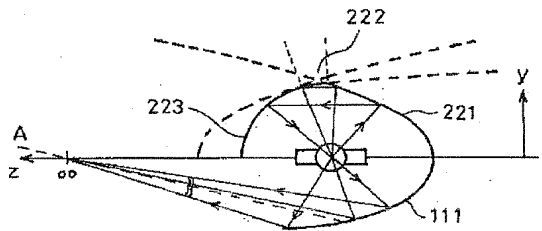
【図24】



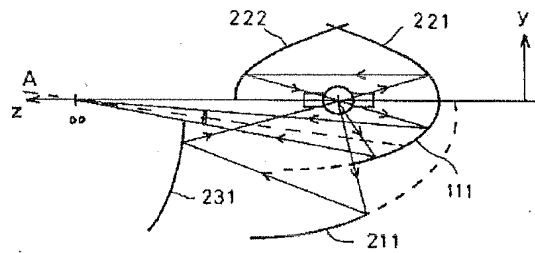
【図25】



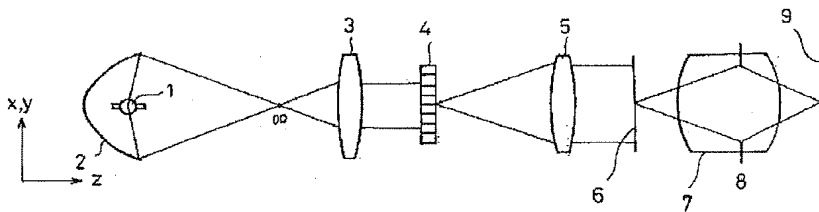
【図26】



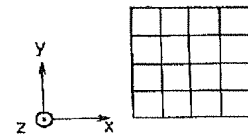
【図27】



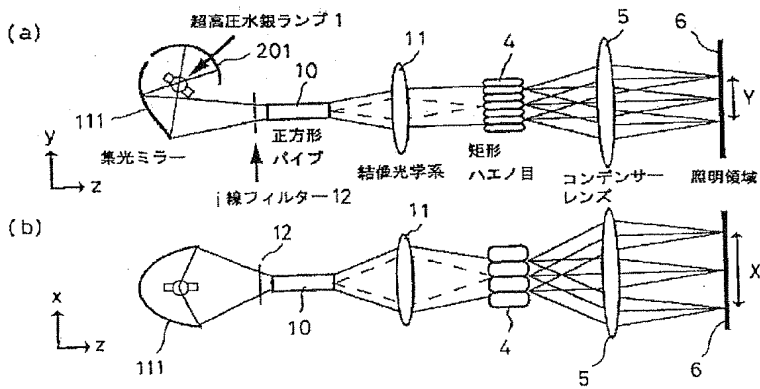
【図29】



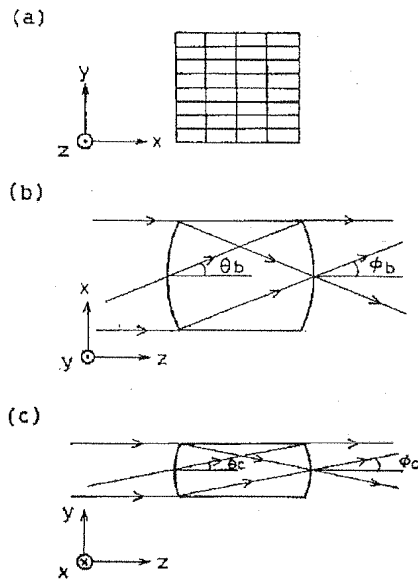
【図30】



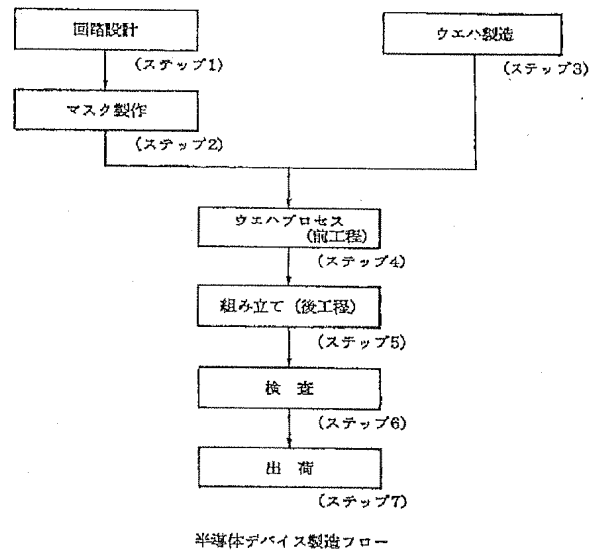
【図33】



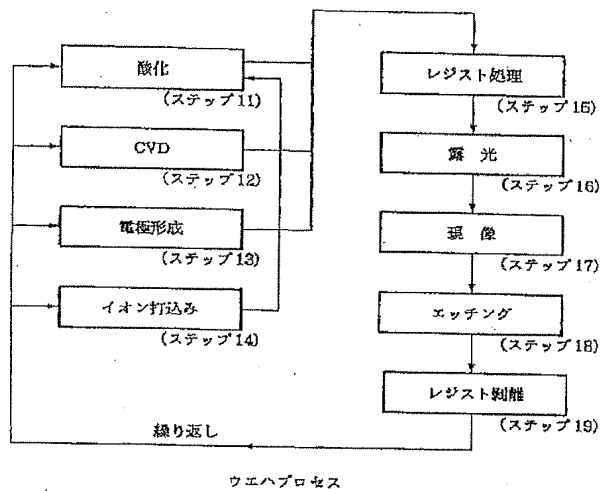
【図31】



【図34】



【図35】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01L 21/027

識別記号

F I  
F 2 1 V 7/12  
H 0 1 L 21/30

テーマコード (参考)

D  
M  
5 1 5 D